

# 2017년 차탄천 유역의 수문학적 특성 분석

## Analysis of Hydrological Characteristics of the Chantancheon Catchment 2017

김동필\*  
Dong Phil Kim

### 요 지

우리나라는 전 국토의 70%가 산지이고 하천경사가 다른 나라에 비해 상대적으로 급하여 홍수 관리에 매우 불리한 조건을 가지고 있으며, 특히 홍수기간의 집중호우 및 돌발홍수는 인명과 재산의 막대한 피해를 입히고 있다. 최근은 기후변화로 인하여 극심한 홍수, 가뭄 등 재해의 발생빈도가 증가하는 추세로 기후변화의 영향을 최소화할 수 있는 수재해 방재관리가 필요한 상황이다. 중·대하천의 경우에는 비교적 수재해 방재관리가 잘 이루어지고 있으나, 소하천(일부 중하천 포함)의 경우에는 취약한 구조를 보이고 있다. 특히 홍수기간(7월~9월)의 인명과 재산의 피해는 주로 소하천 위주로 발생하고 있으며, 사전 사후의 체계적인 대응이 이루어지지 못하고 있다. 수재해 방재관리를 위해서는 일차적으로 수문자료의 획득에 있으며, 그 이후 해당 유역에 적합한 수재해 대응을 위한 체계적인 방법론과 방재시스템 개발·운영이 수반되어야 안전한 방재관리를 할 수 있다. 따라서 수재해 방재관리 체계를 구축하기 위해서는 중·소규모 유역 단위를 대상으로 지속적이고 신뢰성 있는 자료의 획득과 축적이 중요하므로 중·소규모 유역 단위의 대표성 있는 시험유역의 운영은 매우 의미가 있다고 볼 수 있다. 본 논문에서는 한국건설기술연구원에서 운영하는 차탄천 유역(유역면적 190.64km<sup>2</sup>, 유로경사 0.96%, 경기도 연천군 소재)의 신뢰성 높은 2017년 관측자료를 이용하여 강우특성, 유출특성, 증발산량 등 수문특성을 분석하였으며, 과거 관측결과와 비교하였다. 강우특성 분석으로는 호우사상 분리, 주요 호우사상 분석, 지속기간별 최대강우량, 시간분포 등이 있다. 2017년은 2016년보다 최대 강우지속기간과 평균 강우지속기간은 크게, 최대 강우강도는 작게, 평균 강우강도는 크게 나타나는 호우의 특징을 보이고 있다. 2017년의 하천유출률은 강우량 대비 53.1%(장진교, 유역출구)와 60.4%(보막교, 중간소유역)로 과거 5년간의 평균 유출률인 장진교(52.4%)와 4년간의 평균유출률인 보막교(58.8%)와 비슷한 값을 보인다. 강우-유출특성 분석결과 연간 총강우량은 다소 적었지만, 평균 강우강도의 증가에 기인하여 2017년의 연간 하천유출량은 2016년보다 장진교는 약 39.5%의 증가와 보막교는 약 2.9% 감소가 하였다. 수문학적 동질성 갖는 유역에서 하천유출량의 차이는 강우량 발생 시기(2016년의 경우는 10월에 215.7mm의 강우량 발생)와 토지이용(중·하류부 농경지 발달)의 차이에 기인한다고 볼 수 있다. 그리고 2017년의 증발산량은 강우량 대비 장진교는 38.4%, 보막교 35.1%로 2016년 장진교의 50.1%보다는 감소하고, 보막교의 35.4%와는 비슷한 값을 보인다. 온도, 습도, 풍속, 일조시간에 영향을 받는 증발산량은 2016년 대비 기온(일최고/일최저)의 감소(90.6%) 습도(일최대/일평균/일최저)의 감소(98.5%), 일평균 풍속의 감소(54.7%)에 기인하여 적은 증발산량을 보이는 것으로 분석되었다. 이와 같이 산정된 수문자료는 수재해 방재를 위한 기초자료로 매우 유용하게 활용되므로 지속적인 시험유역의 운영은 매우 필요하다.

**핵심용어 : 차탄천 유역, 수문 관측자료, 수문특성 분석**

## 1. 서 론

\* 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원·하천연구소 수석연구원 · E-mail : dpkim@kict.re.kr

우리나라는 전 국토의 70%가 산지이고 하천경사가 다른 나라에 비해 상대적으로 급하여 홍수 관리에 매우 불리한 조건을 가지고 있으며, 특히 홍수기간의 집중호우 및 돌발홍수는 인명과 재산의 막대한 피해를 입히고 있다. 최근은 기후변화로 인하여 극심한 홍수, 가뭄 등 재해의 발생빈도가 증가하는 추세로 기후변화의 영향을 최소화할 수 있는 수재해 방재관리가 필요한 상황이다. 중·대하천의 경우에는 비교적 수재해 방재관리가 잘 이루어지고 있으나, 소하천(일부 중하천 포함)의 경우에는 취약한 구조를 보이고 있다. 특히 홍수기간(7월~9월)의 인명과 재산의 피해는 주로 소하천 위주로 발생하고 있으며, 사전 사후의 체계적인 대응이 이루어지지 못하고 있다. 수재해 방재관리를 위해서는 일차적으로 수문자료의 획득에 있으며, 그 이후 해당 유역에 적합한 수재해 대응을 위한 체계적인 방법론과 방재시스템 개발·운영이 수반되어야 안전한 방재관리를 할 수 있다. 따라서 수재해 방재관리 체계를 구축하기 위해서는 중·소규모 유역 단위를 대상으로 지속적이고 신뢰성 있는 자료의 획득과 축적이 중요하므로 중·소규모 유역 단위의 대표성 있는 시험유역의 운영은 매우 의미가 있다고 볼 수 있다. 논문에서는 한국건설기술연구원에서 운영하는 차탄천 유역을 대상으로 신뢰성 있는 2017년 관측자료를 이용하여 수문특성을 분석하였다.

## 2. 유역 개요

차탄천 유역(경기도 연천군 소재)은 경기북부 지역인 연천군과 철원군을 포함하며, 유역출구인 장진교의 유역면적은 190.64 km<sup>2</sup>, 유로연장 38.49km, 유역평균폭 4.95km, 유역평균경사는 31.84% 이다(중간유역인 보막교는 유역면적 88.17km<sup>2</sup>, 유로경사 1.62%). 유역의 평균고도는 EL.227m로 동부와 북부지역은 고지대이고, 남부와 서부는 비교적 평탄한 지형을 이루고 있으나, 대부분 경사가 급한 산악지형으로 이루어져 있다. 차탄천은 남남서방향으로 사행하여 흘러 한탄강에 합류하고 하구로부터 차탄교 구간은 U자형 곡을 이루고 있으며, 상류지역은 모래, 자갈, 호박돌이 불규칙하게 분포하고 있다.

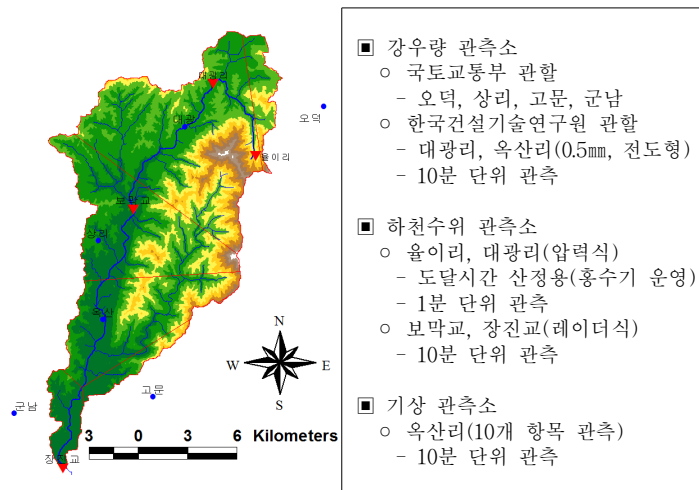


그림 1. 차탄천 유역도

## 3. 관측자료를 이용한 수문특성 분석

차탄천 유역의 수문특성 분석을 위한 유입량 자료에는 강우량( $P_{pre}$ ) 있으며, 유출량 자료에는 하천유출량( $Q_{stream}$ ), 증발산량( $E_{evt}$ )이 있다. 지하수위 변화에 의한 지하수 함양량( $\Delta S$ )은 추정을 통하여 산정하였다. 2017년에 생성된 유역의 유입량, 유출량 자료를 중심으로 식 (1)과 같이 수문특성을 분석하였다.

$$P_{pre} = Q_{stream} + E_{evt} + \Delta S \quad (1)$$

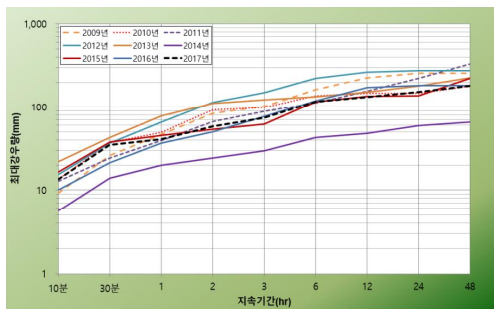
### 3.1 강우량 분석

먼저 유역의 유입량 자료인 강우량 분석을 위하여 차탄천 유역은 6개 우량관측소(한국건설기술연구원 2개소, 국토교통부 4개소)에서 관측된 자료를 이용하여 연 강우량을 산정하였다. 유역평균강우량의 산정은 티센가중법을 적용하였으며, 2017년에 발생한 호우사상은 표 1에서 보는 바와 같이 54개로 50mm 이상의 호우사상

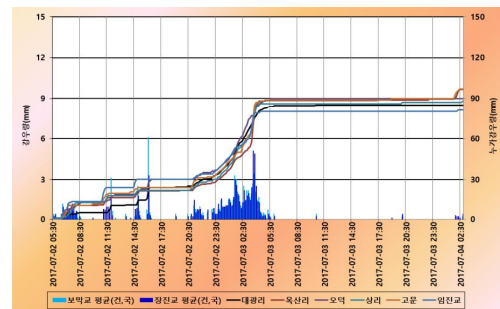
은 7개로 나타났다. 그리고 지속기간별 10분, 1시간 및 24시간 최대강우량은 13.4mm, 41.0mm, 153.1mm 이었다 (그림 2(1)). 2017년 호우사상의 시간적 분포 특성을 파악하기 위하여 주요 호우사상에 대하여 각 지점의 10분 누가강우량곡선과 장진교(차탄천 유역출구)의 유역평균강우량을 함께 도시하여 비교하였으며, 그림 2(2)는 2017년 7월 2일~7월 4일에 발생한 호우사상이다. 이와 같이 강우량 분석을 통하여 산정된 2017년의 장진교 유역평균강우량은 1,113.1mm(보막교 1,214.2mm) 이다.

표 1. 호우사상의 강우량 크기 분류(차탄천 유역)

강우량(mm)		~0.5	0.5 ~5.0	5.0 ~10.0	10.0 ~30.0	30.0 ~50.0	50.0 ~100.0	100.0~	계
호우사상수	2016년	16	18	4	12	3	6	3	62
	2017년	5	21	7	13	1	5	2	54



(1) 지속기간별 최대강우량



(2) 10분 누가강우량곡선(2017.07.02~07.04)

그림 2. 지속기간별 최대강우량 및 10분 누가강우량곡선(차탄천 유역)

### 3.2 하천유출량 분석

다음은 유역의 유출량 자료인 하천유출량을 분석하였다. 하천유출량 자료의 근간이 되는 수위관측은 유역 출구인 장진교와 유역의 중간유역인 보막교 수위관측소의 관측기기에서 관측된 자료의 검토와 수정의 처리 과정을 거쳐 수위자료를 확정하였다. 기 측정된 유량측정성과를 바탕으로 작성된 수위-유량관계곡선은 구간 분리를 고려하여 작성하였으며, 구간분리는 흐름이 “0”인 수위(GZF)와 단면형상을 기본으로 분리하였다.

확정된 하천수위자료와 수위-유량관계곡선식을 이용하여 유출량 자료로 환산하였다. 차탄천의 경우 환산된 유출량은 과거의 유출량 자료와 비교 검토하여 하천유출량을 확정하였다. 표 2는 장진교와 보막교의 2016년~2017년 유출량을 나타낸 것으로 총강우량 대비 각각 39.6%, 53.1%, 58.9%, 60.4%를 보였다.

표 2. 연 유출률(차탄천 유역)

구분	장진교(유역출구)			보막교(중간유역)		
	2016년/2017년			2016년/2017년		
	총강우량(mm)	총유출고(mm)	유출률(%)	총강우량(mm)	총유출고(mm)	유출률(%)
계	1,216.2/1,113.1	482.1/591.4	39.6/53.1	1,281.3/1,214.2	755.3/733.5	58.9/60.4

### 3.3 증발산량 분석

증발산량 분석은 다음의 가정을 통하여 유역 증발산량을 산정하였다. 차탄천 유역은 대부분 임지(78.1%)가 차지하고 있으므로 증발산이 활발히 이루어진다고 보았으며, 갈수시 6.0mm 미만의 일강우량은 하천 유출

량에 기여하지 못하고 있으므로 연간 발생한 강수량 중 일강수량 6.0mm 미만의 합인 272.3mm를 증발산량으로 추정하였다.

또한, 유역내 옥산리 기상관측자료와 인근의 기상청 관할 철원, 동두천 기상관측소의 자료(옥산리 기상관측자료 부분 결측 시 보완자료로 활용)를 이용하여 FAO Penman-Monteith Equation을 적용하여 잠재증발산량( $E_{tr}$ )을 산정한 후, 작물계수(crop coefficient,  $k_c$ )와 토양계수(soil coefficient,  $k_s$ )를 곱하여 실제증발산량( $E_t = k_s k_c E_{tr}$ )을 산정한 결과는 427.4mm 이다. 본 논문의 수문특성 분석에 적용한 증발산량은 후자의 경우로 하였다. 여기서 산정된 잠재증발산량은 877.8mm(총 강수량의 78.9%)이다. 1~3월, 11~12월은 작물의 생장이 없으므로 작물계수 적용기간에서 최저값인 0.2를 적용하였다. 작물중에 따른 세부적인 작물계수 산정, 유역에 적합한 단일 토양계수 추정에 따른 불확실성을 내포하므로 전체적인 물수지 평형을 고려하여 작물계수 및 토양계수를 추정하였다.

표 3. FAO Penman-Monteith Equation을 이용한 증발산량 산정(차탄천 유역)

구분	장진교(유역출구)		보막교(중간유역)	
	2016년/2017년		2016년/2017년	
	유출고(mm)	비율(%)	유출고(mm)	비율(%)
강수량	1,216.2/1,113.1	-	1,281.3/1,214.2	-
잠재증발산량( $E_{tr}$ )	955.1/877.8	75.8/78.9	-/-	-/-
실제증발산량( $E_t$ )	609.6/427.4	50.1/38.4	453.3/426.1	35.4/35.1

\* 유역내 옥산리 기상관측자료를 유역 전체로 확대하여 잠재증발산량을 산정하였기 때문에 장진교와 보막교는 동일한 값을 가짐(보막교의 경우 잠재증발산량값은 제외함)

### 3.4 분석 결과

각 요소별 수문특성을 분석한 결과는 표 4와 같다. 증발산량은 추정된 매개변수를 이용하여 산정된 결과이고 지하수 함양량은 요소별 평형을 고려한 추정값이나 전반적으로 볼 때 매우 양호한 정량적인 값을 도출하였다고 볼 수 있다.

표 4. 수문특성 분석 결과(차탄천 유역)

요소	장진교(유역출구)		보막교(중간유역)		비고	
	2016년/2017년		2016년/2017년			
	유출고(mm)	비율(%)	유출고(mm)	비율(%)		
유입량	강수량	1,216.2/1,113.1	-	1,281.3/1,214.2	-	· 강수량 분석자료
유출량	하천유출량	482.1/591.4	39.6/53.1	755.3/733.5	58.9/60.4	· 수위관측 및 유량추정결과
	증발산량	609.6/427.4	50.1/38.4	453.3/426.1	35.4/34.1	· FAO Penman-Monteith Equation 적용
	지하수 함양량	124.4/94.3	10.2/8.5	72.7/54.6	5.7/4.5	· 추정값

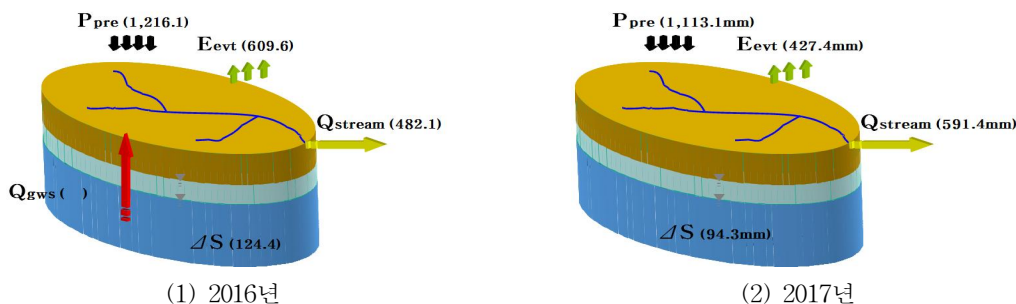


그림 3. 수문특성 분석 결과(차탄천 유역, 장진교)

#### 4. 결 론

본 논문에서는 차탄천 유역의 2016년 관측자료를 이용하여 수문특성을 분석하였으며, 2016년 관측결과와 비교 분석하였다. 2017년은 2016년보다 최대 강우지속기간과 평균 강우지속기간은 크게, 최대 강우강도는 적게, 평균 강우강도는 크게 나타나는 호우의 특징을 보이고 있다. 2017년의 하천유출률은 강우량 대비 53.1% (장진교, 유역출구)와 60.4%(보막교, 중간소유역)로 과거 5년간의 평균 유출률인 장진교(52.4%)와 4년간의 평균유출률인 보막교(58.8%)와 비슷한 값을 보인다. 강우-유출특성 분석결과 연간 총강우량은 다소 적었지만, 평균 강우강도의 증가에 기인하여 2017년의 연간 하천유출량은 2016년보다 장진교는 약 39.5%의 증가와 보막교는 약 2.9% 감소가 하였다. 수문학적 동질성 갖는 유역에서 하천유출량의 차이는 강우량 발생 시기(2016년의 경우는 10월에 215.7mm의 강우량 발생)와 토지이용(중·하류부 농경지 발달)의 차이에 기인한다고 볼 수 있다. 그리고 2017년의 증발산량은 강우량 대비 장진교는 38.4%, 보막교 35.1%로 2016년 장진교의 50.1%보다는 감소하고, 보막교의 35.4%와는 비슷한 값을 보인다. 온도, 습도, 풍속, 일조시간에 영향을 받는 증발산량은 2016년 대비 기온(일최고/일최저)의 감소(90.6%) 습도(일최대/일평균/일최저)의 감소(98.5%), 일평균 풍속의 감소(54.7%)에 기인하여 적은 증발산량을 보이는 것으로 분석되었다. 이와 같이 산정된 수문자료는 수재해 방재를 위한 기초자료로 매우 유용하게 활용되므로 지속적인 시험유역의 운영은 매우 필요하다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원의 주요사업인 수재해 방재 대응을 위한 수문조사의 연구비지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 설마천-차탄천 수문정보시스템(<http://seolmacheon.kict.re.kr>).
2. 한국건설기술연구원 (2016), 수재해 방재 대응을 위한 수문조사, KICT 2016-068.
3. 한국건설기술연구원 (2017), 수재해 방재 대응을 위한 수문조사, KICT 2017-092.